



KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

## KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020000033401 A  
 (43)Date of publication of application: 15.06.2000

(21)Application number: 1019980050246  
 (22)Date of filing: 23.11.1998

(71)Applicant: KOREA ELECTRONICS  
 & TELECOMMUNICATIONS  
 RESEARCH INSTITUTE  
 (72)Inventor: SHIN, JAE HEON  
 YOO, BYEONG SU

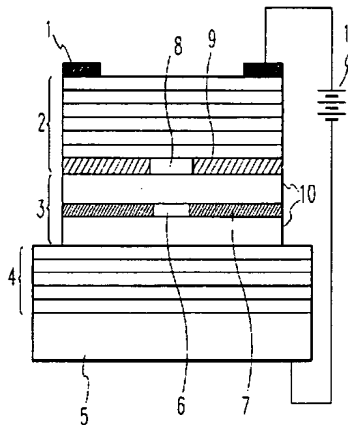
(51)Int. Cl. H01S 5/30

## (54) VERTICAL RESONANCE SURFACE EMITTING LASER STRUCTURE HAVING QUANTUM WELL MIXTURE

## (57) Abstract:

PURPOSE: A vertical resonance surface emitting laser structure having a quantum well mixture is provided to remove carrier loss by a horizontal diffusion and, simultaneously, make the diameter of a resonator small to reduce a threshold current.

CONSTITUTION: A first conductive multi-layer thin film bragg mirror layer, a quantum well/wall active layer between cladding layers(10), and a second conductive multi-layer thin film bragg mirror layer are sequentially formed on a first conductive compound semiconductor substrate in a vertical resonance surface emitting laser structure having a quantum well mixture. At least one or more the closest layer to the active layer among several layers consisting of the second conductive multi-layer thin film bragg mirror layer are formed of a locally oxidized oxide film(9) from outside to central of cylindrical mesa by a selective oxidation process to and a layer(8) not oxidized of a central part which is a current path. The active layer is opposed to the oxide film and formed of a first quantum well(7) in which the mixture is generated in large quantities and a second quantum well(6) in which the mixture is generated in small quantities, and operates as an energy wall to prevent carriers injected in a quantum wall through a direct current from being diffused in the direction of horizontal.



COPYRIGHT 2000 KIPO

## Legal Status

Date of final disposal of an application (20000927)

Patent registration number (1002816440000)

Date of registration (20001120)

공개특허특2000-0033401

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl. 6  
H01S 5/30(11) 공개번호 특2000-0033401  
(43) 공개일자 2000년06월15일(21) 출원번호 10-1998-0050246  
(22) 출원일자 1998년11월23일(71) 출원인 한국전자통신연구원 정선종  
대전광역시 유성구 가정동 161번지  
(72) 발명자 신재현  
대전광역시 유성구 신성동 147-4번지 101호  
유병수  
대전광역시 서구 내동 220-2 롯데아파트 107동 1406호  
(74) 대리인 김명섭  
이화익

심사청구 : 있음

(54) 양자우물 혼합을 갖는 수직공진 표면 방출레이저 구조

요약

본 발명은 다중양자우물 활성층과 위 아래의 반도체 다층박막 브래그 거울층으로 이루어져 있고, p형 브래그 거울층 중에서 활성층에 가장 가까이 있는 층이 원통형 메사(mesa)의 외곽에서 중앙으로 일부만 산화되고 산화되지 않은 중앙부분이 전류통로를 형성하고 있으며 산화되어 있는 주변 부분의 양자우물에서만 양자우물 혼합이 되어 있는 수직공진형 표면 방출 레이저 구조에 관한 것이다. 양자우물과 장벽층 사이에 물질혼합이 발생하면 양자우물의 에너지 준위가 올라가게 되어 양자우물 혼합이 일어나지 않은 부분에 대해 공간적으로 에너지 장벽 역할을 하게 되는데, 원하는 부분만 선택적으로 양자우물 혼합시키기 위해서 산화 공정후에 높은 온도의 질소분위기에서 급속열처리 공정을 수행한다. 이 경우 산화막과 마주하고 있는 부분의 양자우물층에서만 공동강화 양자우물 혼합 현상이 활발히 발생하게 되어 전류통로 즉, 산화되어 있지 않은 부분의 양자우물보다 더 높은 에너지 밴드갭을 갖게 된다. 이러한 구조에서는 주입되는 전류의 경로가 산화되지 않은 전류통로 부분으로만 한정되고 양자우물 활성층에 도달한 운송자의 확산도 주변의 달라진 에너지 밴드갭에 의해 역시 전류통로 크기로 제한된다. 그러므로, 매우 작은 직경의 산화막구경형 표면방출레이저에서 발생하는 운송자 확산에 의한 전류손실을 획기적으로 줄일 수 있다.

대표도

도1

명세서도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 단면도,

도 2a는 본 발명의 동작시 전류의 경로와 운송자들의 횡방향 확산이 저지된 모습을 나타낸 도면,

도 2b는 종래의 일반적인 산화막 구경 표면방출레이저의 동작시 전류의 경로와 운송자들의 횡방향 확산을 나타낸 도면,

도 3은 본 발명의 선택산화 공정시 Al이 가장 많이 첨가된 층이 메사의 외곽에서 중앙으로 산화되어가는 과정을 나타낸 도면,

도 4는 본 발명의 양자우물 혼합 공정시 산화막층과 마주하고 있는 양자우물층과 장벽층 사이에서 발생하는 물질 교환을 나타낸 도면,

도 5는 본 발명의 양자우물 혼합 공정 전과 후의 양자우물의 에너지 준위를 나타낸 도면.

\* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 1 : p형 전극층 2 : p형 브래그 거울층  
3 : 양자우물 활성층과 클래딩층 4 : n형 브래그 거울층  
5 : n형 반도체 기판 6 : 혼합이 적게 일어난 양자우물  
7 : 공동강화 현상에 의해 혼합이 많이 일어난 양자우물  
8 : 산화되지 않은 층 9 : 산화된 층  
10 : 클래딩층 11 : 반도체 레이저 구동회로

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야 종래기술

본 발명은 수직공진 표면 방출 레이저에 관한 것으로서, 특히 매우 낮은 문턱전류를 갖는 양자우물 혼합 표면 방출 레이저 구조에 관한 것이다.

일반적인 수직공진 표면방출레이저는 1989년 Jewell, Lee 등에 의해 AT & T에서 개발되었으며 현재 광통신, 광병렬처리, 광연결, 광컴퓨팅 등에 무한한 응용가능성을 지니고 있는 차세대 광원소자이다.

이러한 수직공진 표면 방출 레이저를 제작시 본 발명에서는 선택산화기술과 양자우물 혼합기술이 같이 사용된다.

위에서 선택산화기술은, Al이 많이 첨가되어 있는 반도체 박막을 선택적으로 산화시키는 기술로서, AlAs의 경우 보통 400℃, H<sub>2</sub>O 분위기에서 분당 1 μm 정도의 측면산화속도를 갖는다. 산화가 된 박막은 절연층의 역할을 하게 되므로 MOSFET 같은 전자소자와 반도체 레이저나 광변조기 등과 같은 광소자에도 광범위하게 사용된다.

또한, 양자우물 혼합기술은, 양자우물층과 장벽층의 물질을 서로 섞어서 양자우물의 에너지 밴드갭을 부분적으로 조작하는 기술인데 서로 다른 특성과 에너지를 갖는 광소자들, 예를 들어 광변조기와 레이저 다이오드를 한 기판에 집적시킬 수 있는 첨단 기술이다. 양자우물을 혼합하는 일반적인 방법으로는, 에피(epi) 위에 유전체(SiO

2)를 원하는 부분에만 증착하고 고온(850℃~950℃)의 질소분위기에서 급속열처리를 하는 것인데, 이 경우 유전체가 증착되어 있는 부분의 밑에서만 양자우물 혼합이 더 빨리 일어나게 되어 유전체 층이 없는 부분에 비해 양자우물의 밴드갭이 더 커지게 된다. 양자우물 혼합의 정도는 양자우물과 유전체 층 사이에 있는 클래딩(cladding)의 두께에도 의존하는데 일반적으로 두께가 얇을수록 더 많이 혼합되게 된다.

수직공진 표면방출레이저 분야의 종래기술은 초창기의 기동형(air-post type), 양성자 주입형(proton-implantation type), 그리고 최근의 산화막 구경형(oxide-aperturing type, 도 2(b) 참조) 등이 있다. 선택산화기술이 사용된 산화막 구경형 수직공진 표면방출레이저는 공진기 직경이 작고 문턱전류(threshold current)가 현재까지 가장 낮은 수치(수십 μA)를 기록하고 있다. 그러나 공진기의 횡적 크기가 3 μm보다 더 줄어들게 되면 횡방향 확산에 의한 운송자 손실이 문제가 되어 더 이상 문턱전류를 낮출 수 없게 되는 문제점이 있다. 즉, 종래의 산화막 구경형 표면 방출 레이저는 단지 산화막층에 의해 정의된 전류통로가 전류의 경로만 제한시켰을 뿐 일단 양자우물에 들어온 운송자의 횡방향 확산에 대해서는 어떠한 제한 구조를 갖지 못했다. 즉, 양자우물에 들어온 운송자가 확산에 의해 횡방향으로 수 μm나 빠져나가게 되고, 결국 운송자 손실을 가져오게 되어 소자구동시 아주 낮은 문턱전류를 구현할 수 없게 된다.

#### 발명이 이루고자하는 기술적 과제

따라서 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 본 발명에서는 표면 방출 레이저에 선택산화기술과 양자우물 혼합기술을 동시에 적용시켜 횡방향 확산에 의한 운송자 손실을 없앴과 동시에 공진기 직경을 매우 작게 만들어 매우 낮은 문턱전류를 갖는 수직 공진형 표면 방출 레이저를 제공하는데 그 목적이 있다.

이러한 목적을 달성하기 위해서, 본 발명에서는, 반도체 기판(substrate) 위에 표면방출레이저 구조를 성장하고 수십 마이크로 직경의 메사를 에칭에 의해 형성시킨후, 선택산화 공정에 의하여 p형 거울층 Al이 제일 많이 첨가되어 있는 박막을 주변에서 중앙으로 산화시킨다. 이때 시간조절을 통해 중앙부분(8)은 산화가 되지 않은 상태로

남겨지게 되어 레이저 구동시 전류통로의 역할을 하게 된다. 산화공정 후 급속열처리 공정을 통하여 산화막과 마주하고 있는 양자우물에서 양자우물 혼합이 활발히 발생하게 한다. 이 경우 양자우물이 혼합된 부분(7)의 에너지 밴드갭은 커지므로 양자우물의 중앙으로 들어온 운송자들의 확산을 효과적으로 방지하는 에너지장벽 역할을 하게 된다.

### 발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

먼저, 도 1은 본 발명의 양자우물 혼합 수직공진형 표면 방출 레이저 구조의 단면도이다.

그 표면 방출 레이저의 구조를 살펴보면, GaAs, InP 등의 n형 화합물 반도체 기판(5) 위에 AlGaAs, InGaAsP 및 InGaAlAs 계열의 n형 다층 박막 브래그 거울층(Distributed Bragg Reflector, DBR)(4), AlGaAs, InGaAsP 및 InGaAlAs 계열의 양자우물 활성층과 클래딩층(3), AlGaAs, InGaAsP 및 InGaAlAs 계열의 p형 다층 박막 브래그 거울층(2) 및 p형 전극층(1)이 순차로 형성되고, 상기 p형 전극층(1)과 n형 반도체 기판(5)에 반도체 레이저 구동 회로(11)의 전압으로 구동되어 광이 위 아래로 공진하면서 레이저 발진이 이루어지는 수직공진 표면 방출레이저 구조이다.

상기에서 p형 브래그 거울층(2)중에서 상기 다중 양자우물 활성층 및 클래딩층(3)에 가장 가까이 있는 1개의 AlGaAs 층 또는 InGaAlAs 층(또는 여러개의 층)은, 선택산화기술에 의해 선택적으로 산화되어, 원통형 mesa(메사)의 외곽에서 중앙 방향으로 일부만 산화된 층(9)과, 산화되지 않은 중앙 부분이 전류통로가 되는 산화되지 않은 층(AlGaAs 또는 InGaAlAs)(8)으로 구성되고, 이에 따라 전류제한이 가능하게 된다. 여기서, 상기 p형 브래그 거울층(2) 또는 n형 브래그 거울층(4)의 일부를 유전체 다층박막으로 대체한 하이브리드형 수직공진형 표면 방출 레이저 구조를 구현할 수도 있다. 즉, 제 1 또는 제 2 도전형 브래그 거울층이 보통 40층 이상인데 이렇게 많이 성장시킬 필요없이 몇개의 층만 기른 후 산화공정과 열처리 공정을 거치고, 그 후에 유전체(SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 같은 것) 다층박막을 증착시켜서 제 1 또는 제 2 도전형 브래그 거울을 완성시킬 수가 있다.

위에서 언급된 산화된 층(9)은 Al이 함유된 AlGaO<sub>x</sub>로 또는 InGaAlAs가 InGaAlO<sub>x</sub>로 산화된 층을 말한다. 이 산화된 층(9)은 p형 브래그 거울층(2) 뿐만 아니라 n형 브래그 거울층(4)에 위치할 수 있는 구조이다.

또한, 다중 양자우물 활성층 및 클래딩층(3)은, i형 클래딩층(10) 사이에 i형 양자우물과 장벽층으로 이루어진 활성층이 삽입되는데, 이때 활성층은 상기 산화된 층(9) 주변의 양자우물에서만 양자우물 혼합이 되어 있는 구조로서, 외부에서 중앙 방향으로 혼합이 많이 일어난 양자우물(7)과 혼합이 적게 일어난 양자우물(6)로 구성되어 있다. 즉, 급속열처리에 의해 산화된 층(또는 산화막)(9)과 마주하고 있는 혼합이 많이 일어난 양자우물(7)에서 공동 강화 양자우물 혼합이 발생하여, 그 양자우물(7)은 전류통로 즉, 산화되어 있지 않은 부분의 양자우물인 혼합이 적게 일어난 양자우물(6) 보다 더 높은 에너지 밴드갭을 갖게 된다. 이로 인하여, 레이저 구동시 전류통로를 통해 혼합이 적게 일어난 양자우물(6)에 주입된 운송자(전자, 정공)들의 횡방향 확산을 방지하는 에너지 장벽의 역할을 하게 된다.

도 2의 (a)는 양자우물 혼합 표면방출레이저의 동작시 전류의 경로와 운송자들의 횡방향 확산이 저지된 모습을 나타낸다. 여기서, 도면부호 12는 정공(hole)의 주입, 13은 전자(electron)의 주입, 14는 운송자의 확산, 15는 레이저 광의 출력력을 각각 나타낸다.

운송자들은 산화막 구경(8)에 의하여 효과적으로 양자우물층까지 주입되게 되며 양자우물층으로 주입된 운송자들은 양자우물 혼합 공정시 높아진 주변의 에너지 장벽을 느끼게 되고 그로 인하여 가운데에 효과적으로 모이게 되며 주변으로 확산하지 않게 된다.

도 2의 (b)는 종래의 일반적인 산화막구경 표면방출레이저의 동작시 전류의 경로와 운송자들의 횡방향 확산을 나타낸다. 여기서, 도면부호 16은 급속열처리를 하지 않았을 때의 양자우물 활성층을 나타낸다.

운송자들은 산화막구경에 의하여 효과적으로 양자우물층까지 주입되게 되지만 양자우물층으로 주입된 운송자들은 특별한 에너지 장벽을 느끼지 못하므로 횡방향으로 확산하게 된다. 이 경우 수  $\mu\text{m}$  이상을 확산하게 되므로 확산에 의한 운송자 손실이 레이저 구동시 문턱전류를 높이는 요인이 된다.

도 1 및 도 2에서 본 발명의 공진기 면적은 Al이 가장 많이 함유된 박막의 선택산화에 의해 정의된다. 선택산화에 의해 산화막구경이 형성되는데 이 구경의 직경이 공진기의 횡적 크기이다. 산화막 구경을 형성시킨 후 급속열처리 양자우물 혼합 공정에 의해 운송자 제한영역을 형성시킨다.

도 3은 본 발명의 선택산화 공정시 Si이 가장 많이 첨가된 층이 메사의 외곽에서 중앙으로 산화되어가는 과정을 나타낸다.

도 3을 참조하여, 선택산화 공정에서 활성층에 가장 가까운 쪽의 층(들)만을 산화시키기 위해 그 층(들)만 일부러 Si이 가장 많이 함유되게 성장시킨다. 성장 후 수십  $\mu\text{m}$ 직경의 메사를 형성시키고 산화 공정을 거치면 Si이 가장 많이 함유된 층(들)이 메사의 외곽에서 중앙으로 가장 빨리 산화된다. 이때 공정시간을 적절히 조절하면 중앙의 일부는 산화되지 않은채 남게되어 산화막 구경(9)이 형성된다. 산화조건은 물질에 따라 다르지만 AlAs의 경우 일반적으로 400 $^{\circ}\text{C}$ , H

$_2\text{O}$  분위기에서 분당 1  $\mu\text{m}$ 정도의 측면산화속도를 갖는다.

도 4는 본 발명의 양자우물 혼합 공정시 산화막층(9)과 마주하고 있는 양자우물층과 장벽층 사이에서 발생하는 물질교환을 나타낸다.

상기 도 3에서와 같이 산화막 구경을 만든 후 850~950 $^{\circ}\text{C}$ 의 질소분위기에서 10초 이상의 급속열처리를 여러 번 하게 되면 산화가 된 부분의 밑에서만 공동강화 양자우물 혼합 현상이 활발히 일어나게 되어 전류통로의 양자우물(6)보다 더 높은 에너지 밴드갭을 갖게된다. 공동강화 양자우물 혼합은 주로 Ga과 같은 3족 원자들이 혼합이 많이 일어난 양자우물(7)로부터 유전체 층(본 발명에서는 산화막)(9) 쪽으로 확산하게 됨으로 해서 발생한다.

도 5는 본 발명의 양자우물 혼합 공정 전과 후의 양자우물의 에너지 준위를 나타낸다. 도면부호 17은 장벽층의 에너지 준위, 18은 양자우물의 기저준위를 나타낸다.

도 4에서와 같이, Ga이 있던 자리가 비게 됨으로 말미암아 장벽층의 Al이 양자우물의 Ga 자리를 채우게 되어 양자우물과 장벽층의 경계면이 부드럽게 된다. 이 경우 양자우물의 기저준위(18)가 높아지게 되어 횡적으로 에너지 장벽의 역할을 하게 되므로 레이저 구동시 양자우물로 주입된 운송자의 횡방향 확산을 막게 되는 것이다. 횡방향 확산을 하지 못하는 운송자들은 거의 대부분 중앙부분 즉, 공진기 부분에서 발광결합(radiative recombination)을 하게 되어 매우 높은 광자효율을 보이게 되고 레이저 문턱전류를 마이크로암페어 수준으로 낮출 수 있게 된다.

#### 발명의 효과

이상과 같은 본 발명에서 제안한 저문턱 고효율의 '양자우물 혼합 산화막구경형 표면방출레이저'는 학술적 측면에서도 마이크로공진기의 새로운 구조일 뿐만 아니라, 고속 대용량 광통신, 광병렬처리, 광연결, 광컴퓨팅등에 높은 응용 가능성을 가지고 있는 광원 소자이다. 현재 광병렬처리에 사용되는 광자회로는 기껏해야 칩(chip)당 수개에서 수십개 정도의 소자(element)가 집적되고 있는 실정이 고작이지만 저문턱 고효율의 광원문제가 해결된다면 칩당 수백개에서 수천개의 소자를 집적할 수 있게 되어 광자회로의 LSI시대를 열게 될 것으로 기대된다.

#### (57)청구의 범위

##### 청구항1

수직공진형 표면 방출 레이저 구조에 있어서,

제 1 도전형 화합물 반도체 기판 위에 제 1 도전형 다층박막 브래그 거울층, 클래딩층 사이에 양자우물/장벽 활성층, 제 2 도전형 다층박막 브래그 거울층이 순차로 형성되고,

상기 제 2 도전형 다층박막 브래그 거울층을 이루고 있는 여러층 중에서 상기 활성층에 가장 가까이 있는 적어도 한개 이상의 층이 원통형 메사의 외곽에서 중앙 방향으로 선택산화공정에 의해 일부만 산화된 산화막과 전류통로가 되는 중앙부분의 산화되지 않은 층으로 형성되고,

상기 활성층이, 상기 산화막과 대향되어 있고 급속 열처리에 의해 공동강화 양자우물 혼합 현상이 발생된 혼합이 많이 일어난 제 1 양자우물과 상기 산화되지 않은 층과 대향되어 전류통로에 위치해 있는 혼합이 적게 일어난 제 2 양자우물로 형성되고, 상기 제 1 양자우물이 상기 제 2 양자우물보다 더 큰 에너지 밴드갭을 갖게 되어서,

상기 제 2 도전형 브래그 거울층 위에 형성된 제 2 도전형 전극과 상기 제 1 도전형 기판에 레이저 구동회로에 의해 전원을 인가하여 구동시 전류통로를 통해 양자우물에 주입된 운송자들의 횡방향 확산을 방지하는 에너지 장벽의 역할을 하게 되는 것을 특징으로 하는 양자우물 혼합을 갖는 수직공진 표면 방출 레이저 구조.

##### 청구항2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 도전형 다층박막 브래그 거울층에 상기 산화막과 산화되지 않은 층이 포함된 것을 특징으로 하는 양자우물 혼합을 갖는 수직공진 표면 방출 레이저 구조.

## 청구항3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 도전형 기판은 n형 또는 p형 중 어느 하나로 사용하는 것을 특징으로 하는 양자우물 혼합을 갖는 수직 공진 표면 방출 레이저 구조.

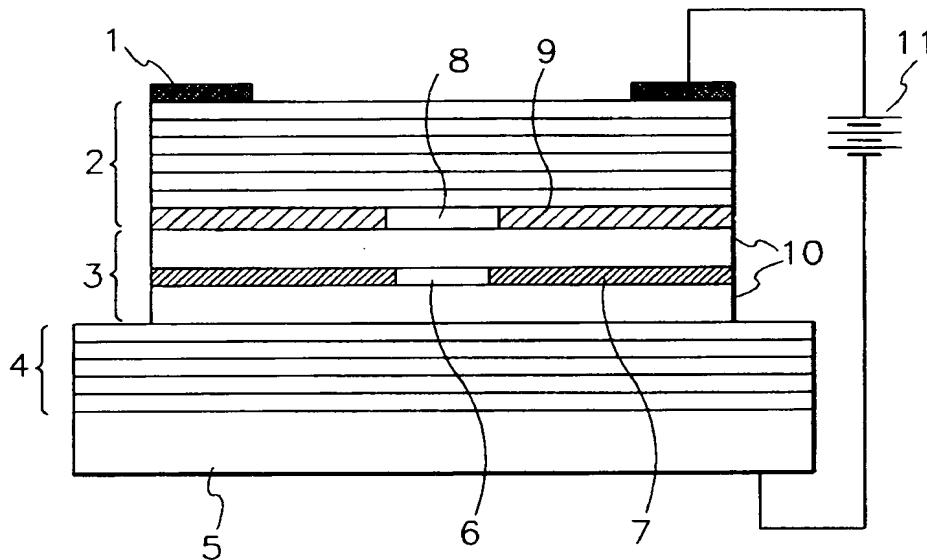
## 청구항4

제 1 항에 있어서,

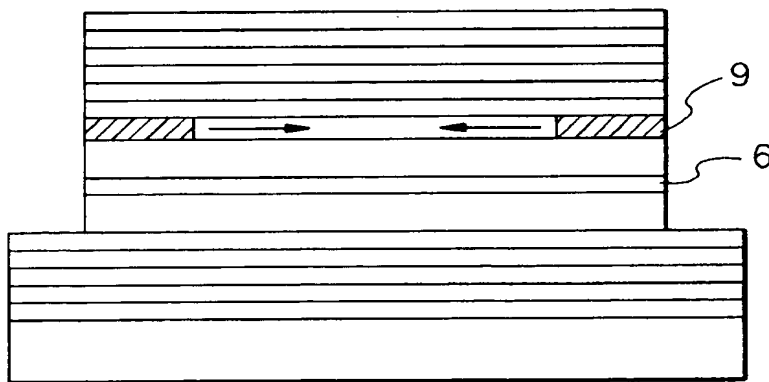
상기 제 1 도전형 브래그 거울층 또는 제 2 도전형 브래그 거울층중 일부를 유전체 다층박막으로 사용하는 것을 특징으로 하는 양자우물 혼합을 갖는 수직공진 표면 방출 레이저 구조.

도면

도면1

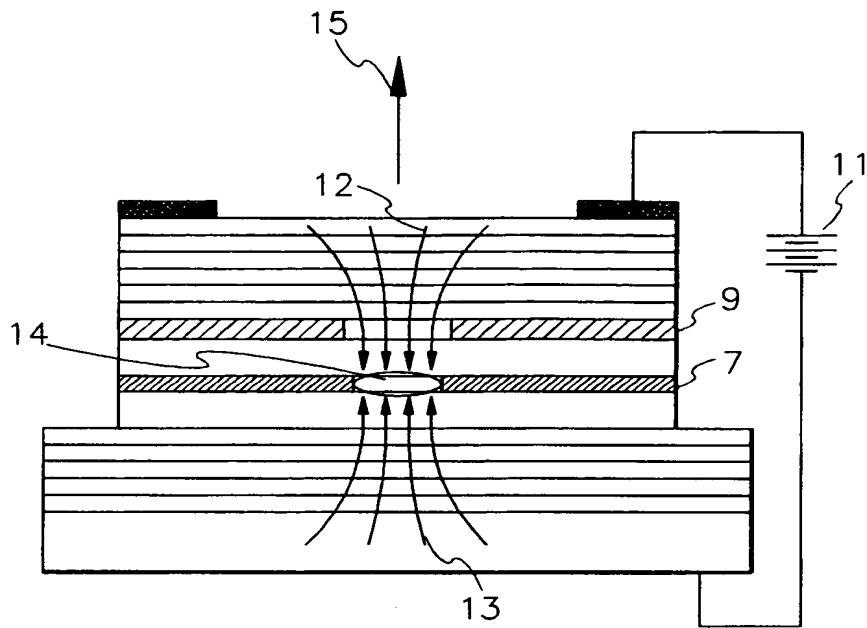


도면3

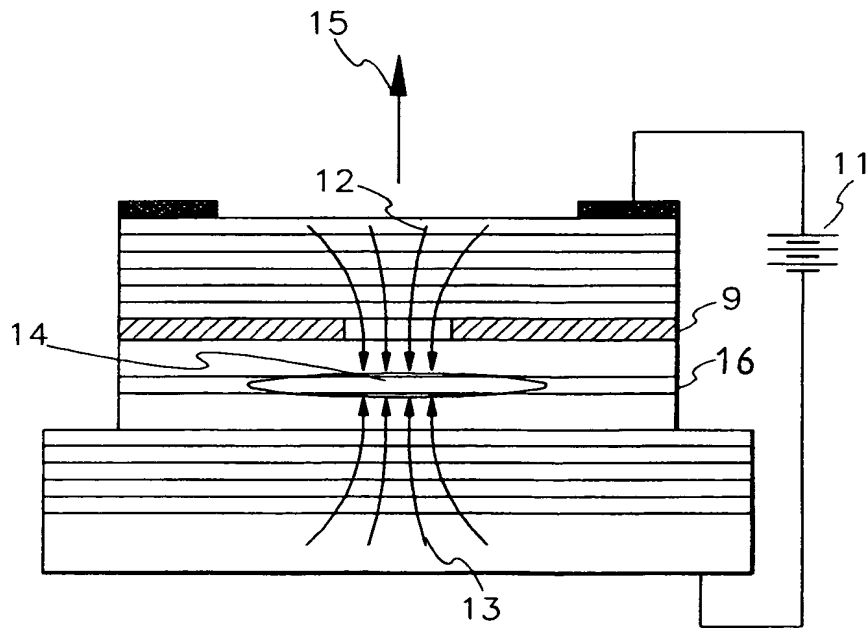


도면2

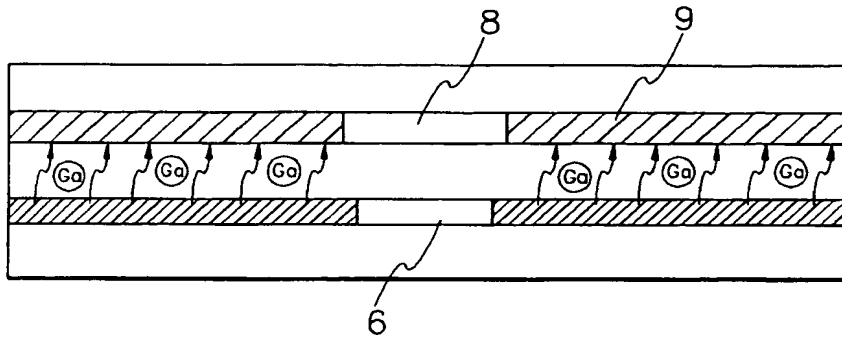
(a)



(b)



도면4



도면5

